SCADA を用いた FA システムの教育用モデルの開発

小松　真太朗

（木更津工業高等専門学校　専攻科　機械・電子システム工学専攻）

Developing an Educational Model of FA System with SCADA

Shintaro KOMATSU

(Advanced ME Engineering Course, Kisarazu National College of Technology)

This study is to develop an educational FA model. It is to be used for education of creative and practical skills through the study of elemental sequence control and FA technology. The FA model contains PLC, SCADA/HMI, and the Ethernet so as to show the latest practical FA. In this study, which is regarded as an elemental reserch, Author made some prototypes of the FA model based on research and trial to collect know-how.

Key words: Educational FA model, Sequence control, PLC, SCADA/HMI, Ethernet

１．　はじめに

近年, 実践的な知識と創造性豊かな技術者への需要はますます高まっている. 高専においては，ものづくりに代表される PBL（Problem or Project Based Learning）的な創造教育と実践的な技術の習得が可能なカリキュラムと実験実習環境・教材の整備が求められている.

そこで本研究は SCADA と Ethernet，複数の PLC による FA システムの遠隔監視・制御に関する教材の開発における基礎研究という位置づけのもと，PLC や SCADA のプログラム作成，Ethernet 接続に関わる設定などについて調査・実験し，その知識や技能の蓄積を行った. また，FA システムのモデルを考案し，それをもとにプログラムや実験用の入出力評価ボードを製作した. 本研究が目指す教材にはベースとなる市販教材がある. これを用いて実際に授業を行い, その使用感について学生に評価させることで教材の特性を考察した.

２．　FA システムとシーケンス制御

2.1　FA システム

FA とは Factory Automation の略称で, 直訳で工場の自動化となる. 従来の工場は各工程で人の手を必要としていたが, コンピュータやロボット技術の発達により工程の自動化, 省力化と人員の削減・安全性の向上・品質の均一化などが図られるようになった. このような自動化技術を総じて FA と呼び，機械工場をはじめあらゆる産業のあらゆる工程で広く適用される.

2.2　シーケンス制御

シーケンス（Sequence：順序）制御とは「あらかじめ定められた順序又は手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御」[1) 2)]であると定義されている. シーケンス制御では，電気回路図のように機器の接続関係ではなく, システム全体の動作の流れを見るため, 動作の順を追って描かれた回路図（ラダー図またはシーケンス図と呼ぶ）を用いる[2)]（Fig.1）.

2.3　ワイヤードロジックと PLC 制御

ラダー図が示す回路をそのまま再現した実体回路をワイヤードロジックと呼ぶ. この構成では多数のリレーや電源が必要となり, 配線が煩雑になる. そこで, PLC（Programmable Logic Controller）と呼ばれる小型コンピュータに配線を集約し, 専用のソフトウェア上で描いたラダー図をプログラムとして目的の動作を行う. この回路をソフトワイヤードロジックと呼ぶ.

PLC 導入により省配線化, 応答の高速化, 無接点リレー化, プログラム変更の簡易化などの

利点があるため, 現在はソフトワイヤードロジックで構成される FA システムが主流である.

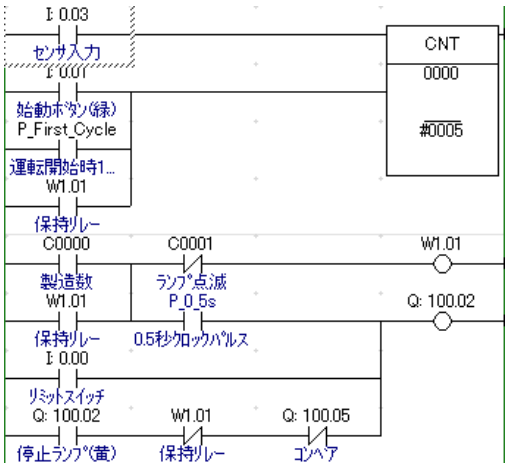

Fig.1 Rudder chart

３． FA システムのネットワーク化

3.1 FA におけるネットワーク構成

従来の PLC は保守・点検時にパソコンと接続して情報をやり取りしていた. 通常運転時に PLC とパソコンは切り離され, PLC が FA システムの最上位にあった. しかし近年, パソコンの普及によりシステムのリアルタイム監視, 迅速なプログラムの修正といった機能の要求が高まった. また従来の FA 機器は対応するネットワークが各社独自の設定で [3], 他社の機器と互換性が充分ではなかった. そこで, Ethernet（イーサネット), に対応する機器が現れた [3].

FA システムを Ethernet で運用するには, 各機器を物理層で Fig.2 のように接続する.

3.2 OPC サーバ・ SCADA/HMI

PLC が収集する FA システムの動作データは他のソフトウェアと共有できないが, OPC サーバと呼ばれる通信インターフェイスを使うとこのデータをコンピュータと共有できる.

SCADA（スキャダ）とは, Supervisory Control And Data Acquisition の略で「設定値制御およびデータ収集」と訳される. システムの動作データを保存・監視するのが目的だが, SCADA からシステムを遠隔操作することもできる.

SCADA が収集した情報は人間の感覚に理解しやすいよう, 実物の動作を模したアニメーションなどで画面に表示され, 操作用スイッチも画面上に置かれる. このようなプログラムを HMI（Human-Machine Interface）と呼ぶ.

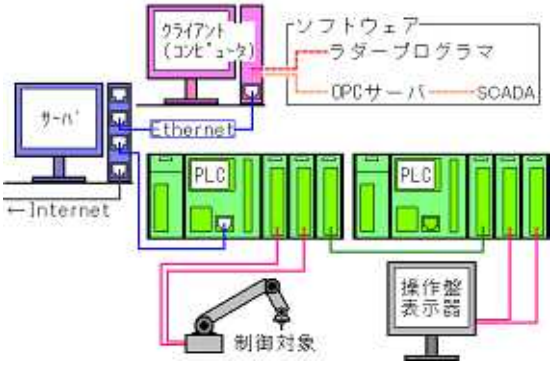

Fig.2 FA network [3]

４． 教材の構成

実用シーケンス制御について学習し, PLC による制御, 各種プログラムの作成, 簡単な FA ネットワークの構築が行えることを目標とする教育プログラムを, 以下のような 4 段階の内容で設定した. 段階的な学習を行うことによって, 学生の知識レベルに応じた内容の選択と発展が可能になることが特長である.

(1)ワイヤードロジックの製作・運転
(2)ラダープログラミングと PLC 制御
(3)Ethernet の設定・導入
(4)SCADA プロジェクトによる遠隔操作

実践的技術者教育の初期段階では, 実機による体験が非常に有意義で効果も高い. そこで第 1 段階ではワイヤードロジック回路の製作を通じシーケンス制御とラダー図の基礎を学ぶ.

第 2 段階では PLC を用いてラダープログラミングによるシーケンス制御を学ぶ. これにより実際の生産現場と同様のシーケンス制御を学ぶ. また第 1 段階で製作した回路のラダー図をプログラム化し, 同じシステムをソフトワイヤードロジックで制御することで, PLC の機能と利点を体験しながら理解できる.

第 3 段階では, 第 2 段階のシステムに Ethernet を導入し遠隔操作を行う. この段階ではネットワークの構築方法を体験できることが特長である. また Ethernet による遠隔操作の利点を体験しながら理解できる.

第 4 段階では SCADA を用い, 簡単な HMI を作成する. ここでは FA システムの監視・制

御や，HMI の概要について学ぶ．最新の FA システムを導入した生産現場と同じ内容であり，極めて実践的な能力を養うことができる．

５．　教材の試作

本研究で得られた知見をもとにして，必要な教材として以下のようなものを設定した．

(1)テキスト・工程のマニュアル
(2)FA 機器とワイヤードロジック素子
(3)PLC と評価ボード
(4)LAN（学科内専用 LAN を利用）
(5)パソコン・各種ソフトウェア

これらの教材の試作および知見の収集として，今までに以下のようなモデルを作った．

(a)ネットワーク構築設定のマニュアル
(b)ワイヤードロジックのモデル回路
(c)評価ボード
(d)ラダープログラム作例
(e)SCADA/HMI プロジェクト作例

また，学科内 LAN を使って，研究室内に置いた PLC の入出力状態を約 50m 離れた別の部屋から監視する通信試験を成功させている．

PLC から SCADA/HMI までの通信を設定するには，PLC およびラダープログラマ・ OPC サーバ・SCADA の 4 つの取扱説明書を同時に参照する必要がある [4]．そこで(a)のマニュアルでは，実際に各取扱説明書を参照して設定を行いながら，その流れに沿った事項のみを抽出してまとめ，1 部のマニュアルのみで対応できるようなものにした．また，JICA 関連として英語版のマニュアルも作成した．マニュアルには設定画面のキャプチャ画像を収録し，作業が分かりやすいようにした．

FA 機器のモデルとしては OMRON 社の初級技術者用教材「Basic FA」を用いた．(b)モデル回路は Basic FA を用いて 2 種類設計した．1 つはコンベアを中心とした搬送機械（Fig.3）で，実際の生産現場のようなロット数ごとに別の運転パターンをする制御も可能である．この機能を導入することでタイマやカウンタといったシーケンス制御によく用いられる応用リレー回路を学習できるが，学習者のレベルに応じて省略することもできるよう配慮した．

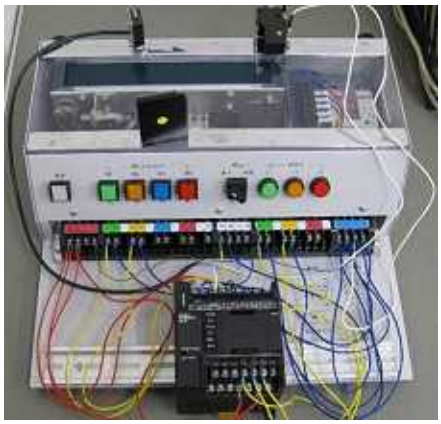

Fig.3 Model FA system

もう 1 つはコンベアを制御するワイヤードロジックおよびソフトワイヤードロジック回路で，全く同じ機能を持つ両回路の配線数を比較することを主な目的とした回路である．実際の配線は前者で 25 本，後者で 16 本となり，約 3 割の配線が削減ができたことを実感できる．また，リレーなどの素子を PLC に集約できることも理解できるようになっている．

作成したラダープログラムの検証・簡単な入出力の実験用に作成した基板が(c)評価ボードである．評価ボードを用いることにより，実際の FA システムを運転することなくプログラムの動作確認ができる．学生が作成したプログラムをまず確認することで，プログラムミスによる誤動作が引き起こす損害を心配することなく学習に取り組める．

評価ボードは 2 種類作り，1 つはコンベアシステム（Fig.4）をモデルとした 5 入力/6 出力のもの，もう 1 つは入出力を 16 点ずつ持つ汎用型のもの（Fig.5）である．入力は全て自動復帰型 a 接点の押ボタンスイッチ，出力は基本的に LED としたが，汎用型ボードの出力 2 つ分はモータドライバ IC（東芝 TA7291P）を制御し，模型用モータ（マブチモーター RE-140RA）を駆動する [5]ものとした．また汎用型ではケーブルの接続方式をコネクタに変更するなどの改良を加えた．

ラダープログラム(d)は，前述のモデル回路，評価ボードの実物モデルに対応させて作成した．実際の機器にあるフェイルセーフなどの安全機構も取り入れ，実用のものと近いプログラムになるよう工夫した．

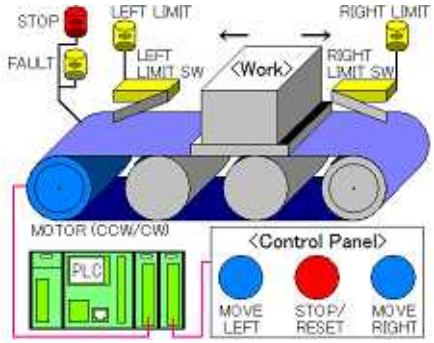

Fig.4 Real conveyor model

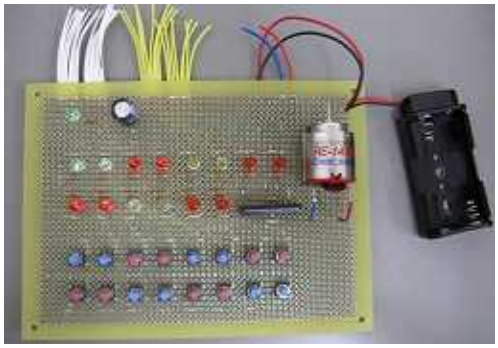

Fig.5 Simulator board

コンベアモデルの評価ボードの実物モデルをもとに, 実際のコンベアを想定したアニメーションを表示する HMI のモデル(e)を作成した．これは通信体制の確認と基本的な SCADA/HMI の使い方を学ぶためものとし, HMI の基本要素を持つ簡単な構成とした．こうした方針で（ｉ）評価ボードそのものを画面上に再現する,（ii）実物モデルのコンベアの動きを画面上に表現する,（iii）画面上のボタンから制御できるようにする, の 3 点の要求を実現する HMI 画面を作成した（Fig.6）.

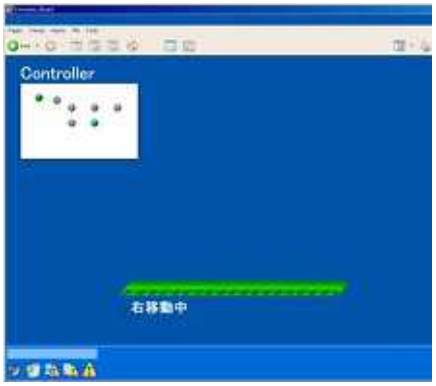

Fig.6 HMI model

６．　教材の評価

教材のベースとして導入した Basic FA の使用感を評価するため, 機械工学科４年後期の工学実験で Basic FA を導入した PLC 制御の授業を行い, 授業を受けた学生に対してアンケートを実施した．その結果を Table1 に示す.

Table1 Result of questionnaire

質　問	高い⇔低い[人]			
ラダー図の描き方の理解度	7	6	0	0
実体配線の技能習得度	4	7	2	0
ラダープログラムの理解度	9	3	1	0
Basic FA の使用感	11	2	0	0

全体的に Basic FA の評価は高いと言える．機材の使用感は好評なので, 教材もこの使いやすさを維持しつつ必要な要素を盛り込みたい．

一方, 実体配線の技能習得度については最高評価 4 より 3 を選んだ学生が多い．ここは要点として，解説の補足が必要になるだろう.

７．　まとめと今後の展望

本研究により FA モデル教材のコンテンツが定まり，その試作品として基礎的な機器・プログラムが作られた．また，研究者自身が FA システムを組む中で, 教材づくりに要する知見を収集し，学習者にとっての難点を把握できた.

それらを反映させ, 今後予定しているエアハンドロボットの遠隔操作モデルの製作など, より実践的な教材開発への発展が期待できる.

参考文献

1) JIS Z 8116
2) 萩原國雄・山城健太郎，シーケンス制御入門 (2002)，理工学社，pp.10-11,p26,pp.33-39
3) キーエンス総合カタログ 2009
4) PLC，SCADA，Basic FA の各マニュアル
5) 後閑哲也，PIC マイコンではじめる作って遊べるロボット工作 (2006)，技術評論社，p19,pp.78-84,p117